

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-072783  
 (43)Date of publication of application : 06.03.1992

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 02-184316  
 (22)Date of filing : 13.07.1990

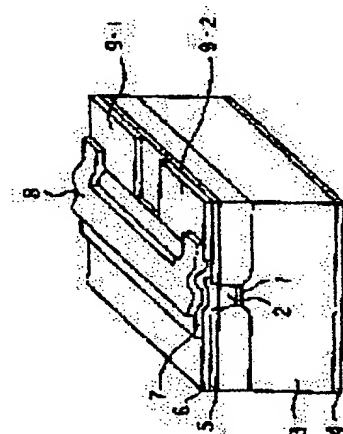
(71)Applicant : HITACHI LTD  
 (72)Inventor : SAKANO SHINJI  
 OKA SATOHIKO  
 SAITO KATSUTOSHI  
 KAYANE NAOKI

## (54) VARIABLE WAVELENGTH SEMICONDUCTOR LASER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a variable wavelength semiconductor laser which is high in output power, large in width of variable wavelength, and high in switching speed by a method wherein a variable heat source is provided at a point distant from an active layer by a length smaller than the thickness of a semiconductor substrate and controlled.

**CONSTITUTION:** An active layer 1 of multi-quantum well structure composed of InGaAs/ InGaAsP, a P-type InP layer 2, and others are formed on an N-type InP substrate 3, then the active layer 1 is formed as wide as  $1\mu\text{m}$  or so by removing the other region through etching, a high resistive layer doped with Fe and others are formed on a part where the region is removed to enable a current to flow only through the active layer 1, an Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> insulating film 5 provided with a window above the active layer 1, and a P electrode 6 of Au used for injecting a current for laser oscillation is formed. Electrodes 9-1 and 9-2 of a resistive film 8 are formed into islands on a region on the right of the P-type electrode 6, an SiO<sub>2</sub> insulating film 7 is formed on the active layer 1 as wide as  $20\mu\text{m}$ , and furthermore a Pt film is formed  $0.7\mu\text{m}$  in thickness and  $10\mu\text{m}$  in wide to serve as a resistive film 8. Both the ends of the Pt film 8 are brought into contact with the electrodes 9-1 and 9-2 previously formed. Lastly, an N electrode mainly formed of Au is formed on the rear side of the substrate 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-72783

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)3月6日

H 01 S 3/18

9170-4M

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全5頁)

⑭ 発明の名称 波長可変半導体レーザ

⑮ 特 願 平2-184316

⑯ 出 願 平2(1990)7月13日

⑰ 発 明 者 坂 野 伸 治 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 岡 聡 彦 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 斉 藤 勝 利 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 発 明 者 茅 根 直 樹 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 薄田 利幸 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

波長可変半導体レーザ

2. 特許請求の範囲

1. 半導体基板の上に少なくとも上記半導体基板よりもバンドキャップエネルギーが小さな活性層となる第1の半導体層及び上記半導体基板と逆の導電極性をもつ第2の半導体層と、上記第2の半導体層の上部及び第1の半導体層の下部にキャリア注入用の電極を有する半導体レーザにおいて、

上記活性層から、上記半導体基板の厚さより近い位置に可変熱源を形成したことを特徴とする波長可変半導体レーザ。

2. 請求項第1記載において、上記可変熱源が上記第2の半導体層の上部の電極上に形成され、かつ上記基板の平面より狭い加熱平面をもつことを特徴とする波長可変半導体レーザ。

3. 半導体基板の上に少なくとも上記半導体基板

よりもバンドキャップエネルギーが小さな活性層となる第1の半導体層及び上記半導体基板と逆の導電極性をもつ第2半導体層とを有し、上記第2の半導体層の上部及び第1の半導体層の下部にキャリア注入用の電極を有する半導体レーザにおいて、

上記第2の半導体層の上部の電極上に絶縁膜を介して、温度を変えるための加熱用の抵抗膜を形成して構成されたことを特徴とする波長可変半導体レーザ。

4. 請求項第3記載において、加熱用の抵抗膜が上記活性層の平面より広く、上記基板の平面より狭い平面をもつことを特徴とする波長可変半導体レーザ。

5. 請求項第3及び第4記載において、上記半導体レーザが上記活性層の下部に光軸方向の回折格子を有する分布帰還型レーザ構造をもつことを特徴とする波長可変半導体レーザ。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は波長可変半導体レーザ、特にコヒーレント光通信用として有効な波長可変半導体レーザの構成に関する。

#### 【従来の技術】

波長多重通信では、複数の波長の光に信号を乗せて1本の光ファイバーで複数のチャネル情報を伝送できるため、伝送容量が拡大する。この場合、受信側では波長多重された受信光の中の特定の波長の信号だけを干渉を使って選局するための局部発振レーザが必要である。この局部発振レーザとしては、受信光の複数の波長の中の特定の波長の信号を自由に選局できる波長可変レーザを用いる。この波長可変レーザには、(1) 広い波長可変幅があること、干渉を利用するため(2) 狭いスペクトル線幅を有すること、信号のS/Nを高めるため(3) 光出力が大きいことが要求される。

従来の半導体で構成された波長可変レーザとしては、エレクトロニクスレターズ 25、15 (1989) 第990頁から第991頁 (Electronics Letters

上記従来の技術において、第1の複数の電極を設けた分布帰還型半導体レーザの構造では、波長可変幅が内部の回折格子の反射波長幅の約3nmで限定されるため4nm以上に波長可変幅を広げることが難しい。また、第2の屈折率可変の導波路を内蔵する構造では、屈折率を変えるために注入したキャリアの吸収により光出力が低下し、10mW以上の光出力が得られない。第3のペルチェ素子による温度制御では、半導体レーザの活性層から離れた基板の裏面にペルチェ素子を付け裏面から半導体素子全体の温度を制御する方法であるため、温度を変えるための応答速度が遅く、秒程度の時間でしか波長の切り替えができない。即ち従来知られている可変長半導体レーザでは、出力、波長可変幅及び切り替え速度の条件を同時に実用範囲で満たすものが実現されていない。

本発明の目的は、高出力で波長可変幅が広く、かつ切り替え速度の速い波長可変半導体レーザを実現することである。

本発明の他の目的は光出力10mW以上、スペ

Vol. 25 No. 15 (1989) pp. 990-991)に記載されているように、内部に回折格子を有する分布帰還型半導体レーザの素子長を1.2mmと長くして、電極を複数に分け、その電極間の注入電流の比率を変えることで、光出力20mW以上、スペクトル線幅1MHz以下で波長可変幅 2.2nmを得ている。

また、エレクトロニクスレターズ 26、1 (1990年) 第46頁から第47頁 (Electronics Letters Vol. 26 No. 1 (1990) pp. 46-47) に記載のように分布帰還型半導体レーザの中に屈折率を変える光導波路を挿入することで光出力は4mW以下と小さいが、7nmの波長可変幅を得ていた。

さらに、半導体レーザを温度制御用のペルチェ素子に貼付した半導体レーザの波長が0.1nm/℃で変化することを利用して、温度で制御する方法も知られている。

#### 【発明が解決しようとする課題】

クトル線幅10MHz以下で、波長可変幅4nm以上を有し、応答速度が $10^{-3}$ 秒(1m秒)のオーダー以下の実用可能な波長可変レーザを実現することである。

#### 【問題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は半導体レーザの活性層の近傍の半導体基板の厚さより近い位置に可変熱源を形成し、この可変熱源の温度を制御することによって、半導体レーザの出力光の波長を変えるようにしたものである。

特に好ましい実施形態としては、半導体基板の上に少なくとも上記半導体よりもバンドキャップエネルギーが小さな活性層となる第1の半導体層及び上記半導体基板と逆の導電極性をもつ第2の半導体層とをもち、上記第2の半導体層の上部及び第1の半導体層の下部にキャリア注入用の電極を有する半導体レーザ素子において、上記第2の半導体層の上部の電極上に絶縁膜を介して、可変熱源として抵抗薄膜を形成する構成とする。

#### 【作用】

本発明によれば、可変熱源が活性層の近傍に設けられるため、活性層周辺の温度を高速で変えることができる。特に、活性層に対して半導体基板と反対側の上部電極上に熱源を形成した場合は、半導体基板のもつ熱勾配と熱抵抗との関係によって、熱源の温度切り換えに対する活性層の周辺熱応答が速くなる。半導体レーザの発振波長は活性層の周辺の温度を変えるとそれに付随する屈折率変化により、 $1.55\mu\text{m}$ の発振波長のレーザで $0.1\text{nm}/^\circ\text{C}$ で変る。これを利用することにより、活性層1の周辺の温度を $40^\circ\text{C}$ で変えることで、約 $4\text{nm}$ の発振波長可変幅が得られる。

特に熱源として抵抗膜を用い、活性層に非常に近い素子表面上に抵抗膜を付け温度を制御する態様では、熱源と活性層の距離を数 $\mu\text{m}$ 程度とすることができ、厚みが約 $200\mu\text{m}$ の半導体基板を介する従来の温度制御による波長可変レーザと比べ活性層周辺の温度変化の応答が著しく改善される。

第2図(a)は材料に $200\mu\text{m}$ 厚のInPを

用い入たとき、 $20^\circ\text{C}$ から $60^\circ\text{C}$ へ変化させるときの温度変化で、裏面に熱源を配した場合の応答10と表面全体に熱源を設けたときの応答11である。裏面からの制御10では基板を熱が拡散するための $0.03\text{m}$ 秒程度の時間遅れを生じるのに対し、表面に熱源を設け、裏面では $20^\circ\text{C}$ で一定と成るように制御する場合では即座に応答する。

さらに、表面に付ける熱源の抵抗膜の幅を活性層と同程度にすることにより、温度の応答速度をより速くすることができる。熱源となる表面近傍に活性層があるため、熱源の寸法を活性層の幅と同程度にしても熱は拡散すること無く活性層1の温度を高める。このため、全表面に熱を加える方法よりも熱源の幅を狭めることができる。温度の変化は単位面積当りのパワー密度で決まるため、幅を狭めることによりパワー密度が高くなり、エネルギー効率を高めると同時に応答が著しく速くなる。第2図(2)にInP材料で $400\mu\text{m}$ の幅全面に熱源をもつ場合の応答特性11と $400\mu\text{m}$ に対し $10\mu\text{m}$ の幅の熱源をもつ場合の応答

特性12を示す。パワー密度の高まりに対応し、約1桁応答の変化が大きく、なっていることが分かる。また、注入パワーは $10\mu\text{m}$ 幅の方が1/6少ない。注入パワーが抵抗膜幅 $10\mu\text{m}$ と素子幅 $400\mu\text{m}$ の比に単純に一致しないのは熱が基板内で横に広がるためである。

以上のように、熱源を素子表面に設けることで裏面に設けた場合に比べ活性層周辺の温度変化の遅れ時間がなくなり、さらに、熱源の幅を狭めることにより制御のためのエネルギー効率を高めると同時に一層温度変化を進めることができる。

#### 【実施例】

以下、本発明の一実施例を図面を用いて説明する。

第1図は本発明による波長可変半導体レーザの1実施例の構成を示す概略斜視図である。以下簡単に作製方法を述べながら構造を説明する。

n型のInP基板3上に有機金属結晶法でInGaAs/InGaAsPの多重量子井戸の構造をもつ活性層1及びp型のInP層2等を形成し

た後、活性層1が幅 $1\mu\text{m}$ 程度となるようにエッチングで他の領域を除去し、除去した領域にFeをドーピングした高抵抗層等を形成し、活性層1にのみ電流が流れ込むようにした。さらに、活性層1上部に窓をもつSiO<sub>2</sub>絶縁膜5を形成し、レーザ発振のための電流注入用Auを主体とするp電極6を形成した。この段階までは従来の半導体レーザの製作方法と同じ方法で形成したものである。特に、単一波長で狭スペクトルの波長可変レーザとするため、レーザ内部の活性層1下に光軸方向(第1図中では奥手方向)にはピッチ $0.24\mu\text{m}$ の回折格子を有する分布帰還型レーザ構造を取った。p型電極6の右領域に抵抗膜8用の電極9-1、9-2を島状に形成した後、SiO<sub>2</sub>絶縁膜7を活性層上部1幅 $20\mu\text{m}$ 程形成し、さらにその上に抵抗膜8としてPt膜を厚さ $0.7\mu\text{m}$ 、幅 $10\mu\text{m}$ 形成した。このときPt膜8の両端は先に形成した電極9-1と9-2に接するようにした。最後に、裏面にAuを主体とするn電極を全面に形成した。

以上のようにして作成した厚み $200\mu\text{m}$ で幅 $400\mu\text{m}$ の試料をペルチェ素子で温度コントロールができる放熱ブロックに裏面を接合させて特性を評価した。このブロックの温度は $20^\circ\text{C}$ 程度で一定になるように制御した。p型電極6への電流を $250\text{mA}$ としたところ波長 $1.54\mu\text{m}$ で $1\text{MHz}$ のスペクトル線幅、 $20\text{mW}$ の光出力を得た。抵抗膜8に $400\text{mA}$ の電流を電極9-1と9-2を介して流したところ、 $10\mu\text{s}$ で $2\text{nm}$ の長波長への波長移動を観測した。さらに、 $100\mu\text{s}$ で $4\text{nm}$ の波長移動を得た。その後、波長観測系からの負帰還制御により、 $1\text{ms}$ 内で、 $4\text{nm}$ の移動点で安定した発振波長を得た。このときの光出力は $10\text{mW}$ 以上、スペクトル線幅は $10\text{MHz}$ 以下であった。

以上本発明の1実施例について説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではない。上記実施例では、可変熱源として抵抗薄膜を使用した。活性層上部の活性層近傍に活性層の幅より広く、半導体素子平面より狭い形状の温度可変の

熱源を形成するかぎり同様の効果を得ることができる。また、抵抗薄膜で構成する場合、素子形状を小型にし、かつ製造工程が簡易であるため、熱応答が若干低下することを許容すれば、活性層の下部、あるいは側部に形成してもよい。

#### 【発明の効果】

本発明によ可変熱源を半導体レーザの活性層の近傍に形成することによって、波長可変範囲が広く、熱応答が速い半導体レーザを実現できる。特に実施例に示したように、 $1\text{ms}$ で $4\text{nm}$ の波長可変が可能となる。従来の温度制御による半導体レーザは半導体基板裏面の電極に直接ペルチェ素子が接しているのではなく、ヒートシンクの金属ブロックを介するため一層遅くなる。また、時間遅れがあるため、オーバーシュートを生じ結果的に充分の安定性を得るまでに秒近くかかっていた。本発明では、温度変化が速くなるとともに活性層1周辺の温度安定性も速い応答を利用することで実現することができる。

また、熱源として抵抗膜を使用する場合、抵抗

膜幅を狭くすることで注入エネルギー密度が高くなり、一層の速い応答、高いエネルギー効率を得られ、制御し易くなる。特に実施例に示したように、波長 $1.54\mu\text{m}$ で $1\text{MHz}$ のスペクトル線幅、 $20\text{mW}$ の光出力を、応答速度が $1\text{ms}$ 以内に、波長可変が $4\text{nm}$ の実用可能な波長可変半導体レーザが実現できた。

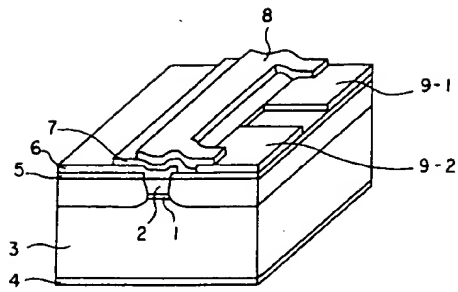
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による波長可変半導体レーザの1実施例の斜視図、第2図(a)は本発明の効果説明のため、半導体基板表面からと裏面から加熱した場合の温度応答比較図、第2図(b)は表面全面に抵抗膜を形成した場合と、表面の一部に抵抗膜を形成した場合の温度応答比較図である。

1…活性層、2…p型InP層、3…n型InP層、4…n電極、5… $\text{SiO}_2$ 絶縁層、6…p型電極、7… $\text{SiO}_2$ 絶縁層、8…Pt抵抗膜、9-1、9-2…抵抗膜用電極、10…裏面から温度制御する場合の活性層の温度応答特性、11

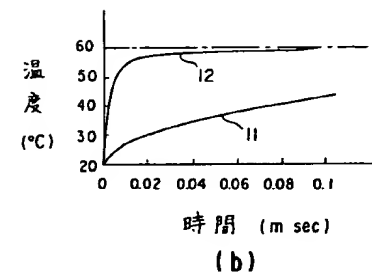
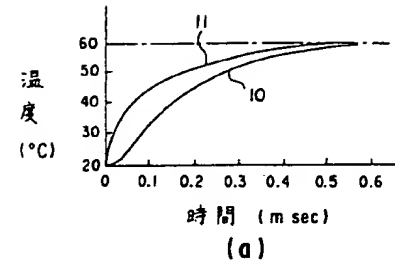
…表面から温度制御する場合の活性層の温度応答特性、12…狭い抵抗膜を用いたときの活性層の応答特性。

代理人弁理士 澤田利幸



第 1 図

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1---活性層                  | 6---p電極                  |
| 2---p型InP層               | 7---SiO <sub>2</sub> 絶縁層 |
| 3---n型InP層               | 8---Pt抵抗膜                |
| 4---n電極                  | 9---抵抗膜用電極               |
| 5---SiO <sub>2</sub> 絶縁層 |                          |



第 2 図